

CHARAKTERYSTYKA BIOMASY ŚLĄZOWCA JAKO KOSUBSTRATU DO BIOGAZOWNI

Jacek Kwiatkowski, Łukasz Graban, Waldemar Lajsner,
Anna Karwowska, Józef Tworowski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki oceny składu chemicznego oraz wartości energetycznej biomasy ślázowca pozyskanej z doświadczenia polowego uwzględniającego różne poziomy nawożenia mineralnego oraz terminy zbioru. Dokonano również wstępnej oceny potencjału gazowego zielonki ślázowca. Stwierdzono, że sposób pozyskiwania biomasy wywierał silniejszy wpływ na podstawowy skład chemiczny oraz udział wybranych frakcji węglowodanowych w porównaniu do nawożenia mineralnego ślázowca. Duża zawartość suchej masy w zielonce, dość korzystny stosunek C:N oraz wysoki udział metanu w biogazie uzyskanym z fermentacji tego surowca wskazują na możliwość wykorzystanie biomasy ślázowca jako ko-substratu do biogazowni rolniczej.

Wprowadzenie

Głównym zadaniem biogazowni rolniczych jest użyczenie odpadów i zagospodarowanie pozostałości z produkcji i przetwórstwa rolno-spożywczege [3]. Coraz częściej postrzegane są one jako liczące się źródło pozyskiwania energii oraz istotny element dywersyfikacji jej dostaw. Wsadem do biogazowni może być również biomasa pochodząca z celowych upraw energetycznych, stosowana wyłącznie lub jako ko-substrat poprawiający przebieg i wydajność procesu fermentacji [3]. Najczęściej w tym celu wykorzystywana jest kiszonka z kukurydzy, że względu na wysoką plenność i opanowaną technologię uprawy i konserwacji biomasy, wysoką wydajność biogazu i ogólną dostępność surowca [2]. Zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego kraju, ograniczenie ryzyka rozprzestrzeniania się chorób i szkodników oraz rosnące ceny kukurydzy wymuszają poszukiwanie surowców alternatywnych [9; 12]. Jednym z nich jest biomasa ślázowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby) [7]. Roślina ta charakteryzuje się dużą produktywnością i stabilnością plonowania w latach oraz zdolnością odrastania po skoszeniu w ciągu wegetacji [8; 11]. Może być uprawiany na terenach niewykorzystywanych do produkcji żywności, charakteryzuje się niewielkimi wymaganiami glebowymi i znaczną odpornością na suszę, odpornością na wyleganie i wymarzenie oraz umiarkowaną podatnością na porażenie przez choroby i szkodniki [14].

Celem pracy była ocena składu chemicznego oraz wartości energetycznej biomasy ślázowca w zależności od poziomu nawożenia i sposobu zbioru oraz wstępna ocena potencjału gazowego zielonki ślázowca.

Metodyka

Ocena prowadzona była na próbach zebranych w 2013 roku z doświadczenia ze ślázowcem założonego w 2010 roku w SDD w Bałdach. Uwzględniało ono trzy poziomy nawożenia (brak, $N_{80}P_{21,6}K_{58}$ i $N_{160}P_{43,2}K_{116}$) oraz trzy terminy zbioru (dwukośny 1 pokos; dwukośny 2 pokos oraz jednokośny). Oznaczono wilgotność zielonki metodą suszarkowo-wagową, zawartość popiołu przy pomocy analizatora termo grawimetrycznego ELTRA TGA 701, włókna surowego i celulozy przy użyciu systemu FOSS Fibertec 2010 i tłuszczu metodą Soxletha z wykorzystaniem ekstraktora B-811 firmy BÜCHI. Oznaczanie zawartości węgla, wodoru i siarki dokonano przy pomocy analizatora CHS500 firmy ELTRA, natomiast azotu metodą Kjeldahla przy użyciu systemu FOSS Fibertec 2010 do mineralizacji i destylacji BÜCHI. Zawartość ligniny oznaczono metodą „Tappi T-13m-54” przy użyciu systemu FOSS Fibertec 2021. Frakcje cukrowców strukturalnych (ADF i ADL) oznaczono metodą Van Soesta. Ciepło spalania oznaczono w kalorymtrze IKA C 2000 w oparciu o metodę dynamiczną.

Proces fermentacyjny prowadzony był w warunkach statycznych i w skali laboratoryjnej. Wydajność produkcji biogazu z uwzględnieniem metanu oraz dwutlenku węgla określono za pomocą analizy respirometrycznej z wykorzystaniem Respirometru Micro Oxymax[®] (Columbus Instruments). Próby przed umieszczeniem w reaktorze zmielono oraz zaszczerpiono inokulum o 3,25% zawartości suchej masy i 49,32 % s.m.o. (do prób dodano także 30 ml wody demineralizowanej). Osad fermentacyjny pochodził z Zamkniętej Komory Fermentacyjnej (ZKF) Oczyszczalni „Łyna” w Olsztynie. Obciążenie komory fermentacyjnej ładunkiem związków organicznych ustalono na poziomie 3,0 kg s.m.o.·m⁻³ na dzień. Fermentory o pojemności 0,5 l każdy umieszczone były w łaźni wodnej z systemem wytrząsania (Memmert WNB 29). Fermentacja przebiegająca w warunkach mezofilowych (37°C) prowadzona była przez 12 dni.

Wyniki i dyskusja

Zielonka roślin nawożonych połówką i pełną dawką NPK charakteryzowała się wyższą zawartością włókna i tłuszczu w porównaniu do pozyskanej z obiektów nienawożonych (tab. 1). Pełna dawka nawożenia spowodowała istotne obniżenie zawartości suchej masy w zielonce, w porównaniu do dwóch pozostałych nieróżniących się statystycznie między sobą kombinacji. Nie obserwowano ukierunkowanej zależności pomiędzy poziomem nawożenia a zawartością popiołu w zielonce ślázowca.

Biomasa ślázowca pozyskana w cyklu jednokośnym charakteryzowała się wyższą zawartością suchej masy w porównaniu do zbieranej w cyklu dwukośnym.

W biomacie tej stwierdzono również wyższą koncentrację popiołu i włókna surowego. W zielonce pozyskiwanej dwukośnie, drugi pokos charakteryzował się wyższą zawartością suchej masy oraz koncentracją popiołu, włókna i tłuszczu w porównaniu do pokosu pierwszego.

Podstawowy skład chemiczny biomasy ślázowca

Tabela 1.

Czynnik		Sucha masa [%]	Popiół [%s.m.]	Włókno [%s.m.]	Tłuszcz [%s.m.]
Nawożenie	brak	28,6	8,78	34,9	2,23
	N ₈₀ P _{21,6} K ₅₈	28,7	9,15	39,4	2,37
	N ₁₆₀ P _{43,2} K ₁₁₆	27,1	8,33	38,7	2,33
Zbiór	dwukośny I pokos	22,5	7,17	31,9	1,27
	dwukośny II pokos	24,9	8,21	37,6	3,43
	jednokośny	37,1	10,88	43,4	2,24
Średnia		28,2	8,75	37,7	2,31
NIR(0,05)	nawożenie	0,86	0,050	0,29	0,034
	zbiór	0,86	0,050	0,29	0,034

Nawożenie mineralne ślázowca spowodowało wzrost zawartości celulozy, ligniny oraz oznaczanych cukrowców strukturalnych (ADF, ADL) w zielonce ślázowca w porównaniu do obiektów nienawożonych (tab. 2). Niemniej dawka zastosowanych nawozów nie miała zazwyczaj istotnie różnicującego wpływu na koncentracje wymienionych składników w biomacie ślázowca.

Zielonka zebrana w systemie jednokośnym zawierała istotnie więcej celulozy i włókna kwaśno-detergentowego w porównaniu do pozyskiwanej w systemie dwukośnym. Największą koncentrację ligniny i kwaśnej ligniny stwierdzono w drugim pokosie zbioru dwukośnego. Biomasa pozyskana w pierwszym pokosie charakteryzowała się znacznie mniejszą koncentracją omawianych składników w porównaniu do uzyskanej w drugim pokosie ślázowca, a obserwowana różnica wynosiła od 11% dla celulozy do 30% dla lignin. Celulozy i ligniny są głównym składnikiem surowców roślinnych [4]. Tworzą ścisły i trwały kompleks ligno-celulozowy, który wymusza proces obróbki wstępnej takiego materiału przed fermentacją [6].

Ciepło spalania było cechą charakteryzującą się względną stabilnością i stosunkowo w małym stopniu różnicowaną przez badane czynniki. Największą kalorycznością charakteryzowała się biomasa nawożona pełną dawką nawozów NPK, a w obrębie sposobu zbioru pozyskiwana jednokośnie pod koniec wegeracji ślázowca.

Tabela 2.

Analiza elementarna biomasy ślazuwca [% s.m.]

Czynnik		Celuloza	Lignina	ADF*	ADL**	Energia brutto
	brak	33,1	9,30	43,4	10,26	17,9
Nawożenie	N ₈₀ P _{21,6} K ₅₈	37,4	10,46	47,9	11,51	18,2
	N ₁₆₀ P _{43,2} K ₁₁₆	36,6	10,24	48,9	11,24	18,3
	dwukośny I pokos	31,6	8,09	40,5	8,84	17,9
Zbiór	dwukośny II pokos	35,6	11,50	48,1	12,54	17,8
	jednokośny	39,9	10,39	51,6	11,62	18,7
Średnia		35,7	10,00	46,7	11,00	18,1
NIR(0,05)	nawożenie	0,43	0,235	0,34	0,266	-
	zbiór	0,43	0,235	0,34	0,266	-

* ADF – włókno kwaśno-detergentowe

** ADL – kwaśna lignina

Nawożenie NPK spowodowało istotny wzrost zawartości węgla, wodoru i azotu w biomacie ślazuwca w porównaniu do obiektów nienawożonych (tab. 3). Zawartość azotu rosła wraz ze wzrostem dawki nawożenia, natomiast w przypadku węgla i wodoru, ich koncentracja była najwyższa przy połówkowej dawce nawożenia. Najkorzystniejszy stosunek węgla do azotu stwierdzono w biomacie ślazuwca nawożonego pełną dawką NPK. Zawartość siarki w biomacie była najwyższa w kombinacjach nienawożonych i zmniejszała się wraz ze wzrostem dawek nawożenia NPK, przeciętnie o 15% na każdy poziom nawożenia.

Tabela 3.

Analiza elementarna biomasy ślazuwca [% s.m.]

Czynnik		C	H	S	N
Nawożenie	brak	41,4	5,57	0,205	1,30
	N ₈₀ P _{21,6} K ₅₈	44,8	6,01	0,174	1,34
	N ₁₆₀ P _{43,2} K ₁₁₆	42,6	5,73	0,140	1,51
Zbiór	dwukośny I pokos	39,0	5,55	0,178	1,50
	dwukośny II pokos	45,2	6,11	0,213	1,36
	jednokośny	44,7	5,66	0,128	1,29
Średnia		43,0	5,77	0,173	1,39
NIR(0,05)	nawożenie	0,15	0,042	0,0039	0,014
	zbiór	0,15	0,042	0,0039	0,014

Termin zbioru biomasy różnicował zawartość pierwiastków w biomase ślazowca w znacznie większym zakresie niż nawożenie NPK. Najwyższą koncentrację węgla, wodoru i siarki stwierdzono w drugim pokosie. Zawartość azotu była najwyższa w biomase z pierwszego pokosu, najniższa zaś w zielonce ze zbioru jednokośnego.

Widoczny jest ścisły pozytywny związek pomiędzy koncentracją węgla w biomase a zawartością cukrów strukturalnych, włókna, tłuszczu i wodoru (tab. 4). Podobnie dodatnio ściśle ze sobą powiązane są frakcje cukrów strukturalnych. Wykazano również pozytywną zależność pomiędzy zawartością tłuszczu surowego a frakcjami lignin w biomase ślazowca.

Tabela 4.

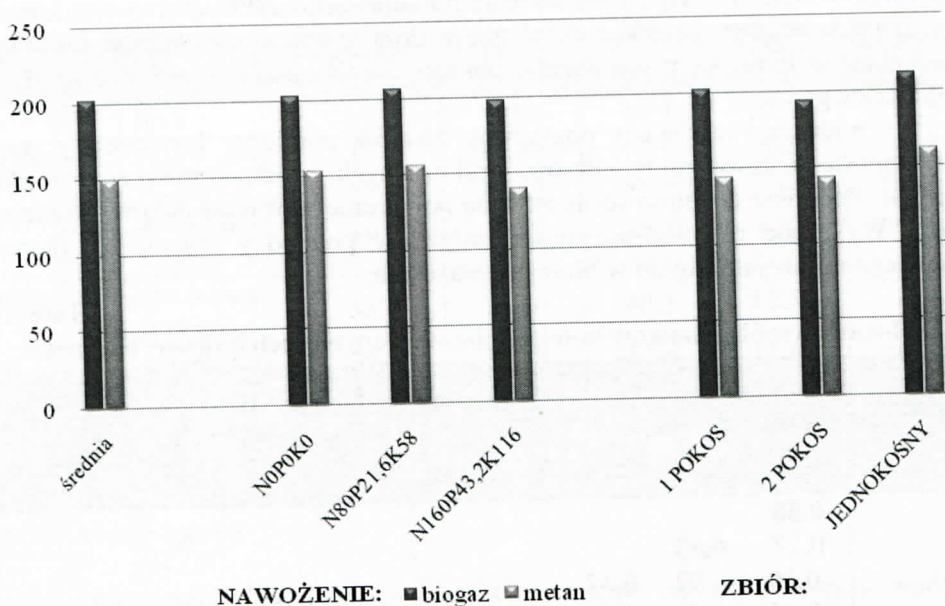
Macierz współczynników korelacji dla wybranych cech biomasy ślazowca

zmienna	popiół	C	H	S	N	ADF*	celuloza	ADL**	lignina	włókno
C	0,58									
H	0,12	0,83								
S	-0,36	0,02	0,32							
N	-0,41	-0,23	0,09	0,08						
ADF*	0,72	0,91	0,62	-0,31	-0,19					
celuloza	0,74	0,83	0,55	-0,41	-0,17	0,97				
ADL**	0,47	0,83	0,62	0,05	-0,18	0,78	0,62			
lignina	0,40	0,82	0,65	0,09	-0,15	0,75	0,59	1,00		
włókno	0,80	0,80	0,43	-0,49	-0,30	0,94	0,94	0,65	0,61	
tłuszcz	0,21	0,72	0,60	0,27	-0,32	0,55	0,38	0,80	0,81	0,44

*ADF – włókno kwaśno-detergentowe

**ADL – kwaśna lignina

Średnia skumulowana ilość biogazu uzyskanego z zielonki ślazowca wyniosła ok. $202 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}_{\text{s.m.}}^{-1}$, a metan stanowił w nim ok. 74% (rys. 1). Nawożenie w niewielkim stopniu wpływało na ilość biogazu uzyskanego z biomasy ślazowca. Przy nawożeniu $\text{N}_{160}\text{P}_{43,2}\text{K}_{116}$ obserwowana jest tendencja do spadku zawartości metanu w uzyskanym biogazie (70%). Najwyższą ilość biogazu ($211 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}_{\text{s.m.}}^{-1}$) oraz najwyższą koncentrację metanu w uzyskanym biogazie (ok. 77%) notowano dla biomasy pozyskanej jednokośnie. Jest to o tyle zaskakujące, że była to biomasa bardziej zdrewniała od uzyskanej ze zbioru dwukośnego, jednakże charakteryzująca się najwyższą zawartością suchej masy. Ilość uzyskanego w badaniach własnych biogazu z zielonki ślazowca była prawie dwukrotnie niższa od uzyskanej przez Wojnowską-Baryła i Bernat [13]. Z literatury wynika, że wydajność produkcji metanu z kisonki może być wyższa niż z surowca zielonego [1]. Jednakże dostępne dane wskazujące bardzo duże wahania w produktywności biogazu również z tego surowca mieszczące się w przedziale od 110 do $700 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}_{\text{s.m.}}^{-1}$ [5; 10; 12].



Rys. 1. Skumulowana ilość biogazu oraz metanu [$\text{dm}^3 \cdot \text{kg.s.m.}^{-1}$]

Podsumowanie

Nawożenie ślázowca w niewielkim zakresie różnicowało skład chemiczny biomasy, przy czym obserwowano silniejszy modyfikujący wpływ dawki $\text{N}_{80}\text{P}_{21,6}\text{K}_{58}$ w porównaniu z dawką podwojoną.

Termin i sposób zbioru ślázowca miał większy wpływ na skład chemiczny pozyskiwanej biomasy niż poziom nawożenia NPK. Biomasa pozyskiwana w pierwszym pokosie charakteryzowała się korzystniejszym składem chemicznym, ale jednocześnie najniższą zawartością suchej masy w porównaniu do pozostałych.

Uzyskany z zielonki biogaz charakteryzował się dużą zawartością metanu, co pozwala na zastosowanie tego surowca do współ-fermentacji z odpadami i pozostałościami rolniczymi charakteryzującymi się małą produktywnością metanu.

Podziękowania

Opisane badania były finansowane z budżetu Zadania Badawczego nr 4 pt. „Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych” w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt. „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii” realizowanego ze środków NCBiR i ENERGA S.A.

Literatura

1. Amon T., Amon B., Kryvoruchko V., Zollitsch W., Mayer K., Gruber L. *Bio-gas production from maize and dairy cattle manure – Influence of biomass composition on the methane yield*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007 (118): 173–182.
2. Fugol M., Szlachta J. *Zasadność używania kiszonki z kukurydzy i gnojowicy świńskiej do produkcji biogazu*. Inżynieria Rolnicza, 2010 (1/119): 169–174.
3. Gołaszewski J. *Wykorzystanie substratów pochodzenia rolniczego w biogazowniach w Polsce*. Postępy Nauk Rolniczych, 2011 (2): 69–94.
4. Hendriks A.T.W.M., Zeeman G. *Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass*. Bioresource Technology, 2009 (100): 10–18.
5. Kacprzak A., Krzystek L., Ledakowicz S. *Badania biochemicznego potencjału metanogennego wybranych roślin energetycznych*. Inż. Ap. Chem., 2010 (49, 4): 32–33.
6. Krzemieniewski M., Zieliński M., Dębowski M. *Wpływ wybranych metod kondycjonowania substratów roślinnych na efektywność ich przetwarzania w procesie fermentacji metanowej*. W: Gołaszewski J. (red.) *Modelowe kompleksy agroenergetyczne: Prosumenckie instalacje biogazowi i estryfikatorni*. Wyd. UWM Olsztyn, 2014: 9–42
7. Kwiatkowski J. *Ślaziowiec pensylwański*. W: *Wieloletnie rośliny energetyczne*. MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 2012: 106–122.
8. Kwiatkowski J., Graban Ł., Lajszner W., Tworkowski J.. *Production of Sida hermaphrodita Rusby-based biomass as co-substrate for agricultural biogas plant*. In: *Eco-Energetics – Biogas. Research, Technologies, Low and Economics in Baltic Sea Region* (ed. Cenian A., Gołaszewski J., Noch T.). GSW Gdańsk, 2012: 137–146.
9. Majtkowski W. *Bioróżnorodność upraw energetycznych podstawą zrównoważonego rozwoju*. Problemy Inżynierii Rolniczej, 2006 (2): 25–36.
10. Oleszek M., Matyka M., Lalak J., Tys J., Paprota E. *Characterization of Sida hermaphrodita as a feedstock for anaerobic digestion process*. Journal: Food, Agriculture and Environment, 2013 (11, 3&4): 1839–1841.
11. Podlaski S., Chołuj D., Wiśniewski G. *Produkcja biomasy z roślin energetycznych*. Postępy Nauk Rolniczych, 2010 (2): 163–174.
12. Sałek T., Budzyński W., Truszkowski W. *Wydajność biomasy i biogazodochodowość surowca z celowych upraw energetycznych*. W: Cenian A., Gołaszewski J., Noch T. (red.) *Ekoenergetyka – Biogas i syngas. Technologie, strategie rozwoju, prawo i ekonomika w regionie Morza Bałtyckiego*. GWSA, Gdańsk, 2011: 176–184.
13. Wojnowska-Baryła I., Bernat K. *Produkcja biogazu w procesach fermentacji i ko-fermentacji*. Bałtyckie Forum Biogazu, Gdańsk, 17–18.09.2012 r. <http://www.imp.gda.pl/BF2012/prezentacje/p111.pdf> (dostęp 14 listopada 2012 r.)
14. Žavoronkova T.Û. *Ocinka perspektivnosti deâkih bagatoričnih trav dlâ virobništva biopoliva*. Promyšlennaâ botanika, 2010 (10): 197–201.

EKOENERGETYKA – BIOGAZ

BADANIA, TECHNOLOGIE,
PRAWO I EKONOMIKA
W REJONIE MORZA BAŁTYCKIEGO

PRACA ZBIOROWA

REDAKCJA NAUKOWA

ADAM CENIAN

JANUSZ GOŁASZEWSKI

TADEUSZ NOCH



Wydawnictwo

Gdańsk 2014

Seria wydawnicza: Ekoenergetyka

Ekoenergetyka – zagadnienia technologii, ochrony środowiska i ekonomiki, wyd. 2010

Ekoenergetyka – biogaz i syngaz. Technologie, strategie rozwoju, prawo i ekonomika w regionie Morza Bałtyckiego, wyd. 2011

Eco-Energetics – Biogas and Syngas. Technologies, Legal Framework, Policy and Economics in Baltic Sea Region, wyd. 2011

Ekoenergetyka – biogaz. Wyniki badań, technologie, prawo i ekonomika w rejonie Morza Bałtyckiego, wyd. 2012

Eco-Energetic – Biogas. Research, Technologies, Law and Economics in Baltic Sea Region, wyd. 2012

RECENZENCI

dr hab. inż. Jan Cebula, prof. ATH
dr hab. inż. Adam Cenian, prof. IMP PAN
prof. dr hab. inż. Janusz Gołaszewski
prof. dr hab. inż. Jan Kiciński
dr inż. Tadeusz Zimiński

Eco-energetics – biogas. Research, technologies, law and economics in the Baltic Sea Region,
(wer. angielskojęzyczna), wyd. 2014, ISBN 978-83-89762-55-9

Redakcja, projekt okładki
Tomasz Mikołajczewski

Na okładce wykorzystano fotografię pochodzącą ze zbiorów serwisu Stock.XCHNG (www.sxc.hu)

Wydanie pierwsze, objętość 11,0 ark. wyd., Gdańsk 2014

Druk i oprawa
Mazowieckie Centrum Poligrafii, 05-270 Marki, ul. Słoneczna 3C, tel. 22 497 66 55, www.c-p.com.pl

© Copyright Instytut Maszyn Przepływowych PAN im. R. Szwalskiego dla: Wydawnictwo Gdańskiej Szkoły Wyższej
Gdańsk 2014



GDAŃSKA SZKOŁA WYŻSZA
10-lecie 1999-2014
www.gsw.gda.pl

WYDAWCA

WYDAWNICTWO GDAŃSKIEJ SZKOŁY WYŻSZEJ

Do 2011 r. pod nazwą Wydawnictwo Gdańskiej Wyższej Szkoły Administracji

80-656 Gdańsk, ul. Wydmy 3

tel. 58 305 08 12, faks 58 305 08 89 w.40

Zamówienia: e-mail wydawnictwo@gsw.gda.pl

www.gsw.gda.pl/wydawnictwo

ISBN 978-83-89762-54-2